

Semiconductor laser device and its manufacturing method, and optical disc reproducing and recording apparatus

Patent Number: ☐ [US2003122134](#)
Publication date: 2003-07-03
Inventor(s): HIRUKAWA SHUICHI (JP)
Applicant(s): SHARP KK (JP)
Requested Patent: ☐ [JP2003188478](#)⇒
Application Number: US20020320497 20021217
Priority Number(s): JP20010384511 20011218
IPC Classification: H01L27/15; H01L31/12; H01L33/00
EC Classification:
Equivalents: CN1442934

Abstract

Immediately after stacking of a barrier layer formed of GaAsP of a multiple-strain quantum well active layer 105 at a growth temperature of 650 C., a second upper guide layer 126 formed of AlGaAs is stacked. This second upper guide layer 126 is grown while the temperature is kept at 650 C., which is a growth temperature suitable for P-based layers. By reducing the desorption of P from the barrier layer, the roughness level of the interface between the barrier layer and the second upper guide layer 126 is lowered to 20 or less. Thereafter, a first upper guide layer 106 is stacked. Growth temperature of this first upper guide layer 106, which is 650 C. at a start of the growth, is started to be increased concurrently with the growth, and gradually elevated until an end of the growth so as to reach 750 C. at the end of the growth

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-188478

(P2003-188478A)

(43) 公開日 平成15年7月4日 (2003.7.4)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 S 5/343

H 0 1 S 5/343

5 D 1 1 9

G 1 1 B 7/125

G 1 1 B 7/125

A 5 D 7 8 9

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-384511(P2001-384511)

(22) 出願日 平成13年12月18日 (2001. 12. 18)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 蛭川 秀一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 稔 (外2名)

Fターム(参考) 5D119 AA33 BA01 FA05 FA17 NA04

5D789 AA33 BA01 FA05 FA17 NA04

5F073 AA45 AA74 CA07 CA17 DA05

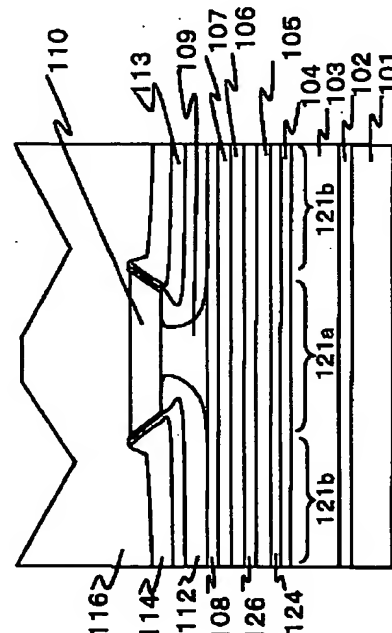
DA35 EA24 EA28

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置およびその製造方法並びに光ディスク再生記録装置

(57) 【要約】

【課題】 高出力・高信頼性・長寿命な半導体レーザ装置およびその製造方法を得ること。

【解決手段】 650℃の成長温度で、多重歪量子井戸活性層105のGaAsPからなるバリア層を積層した直後に、AlGaAsからなる第二上ガイド層126を積層する。この第二上ガイド層126はP系層に適した成長温度である650℃のままで成長させて、上記バリア層からのPの脱離を低減して上記バリア層と第二上ガイド層126との界面の粗さの大きさを20Å以下にまで下げる。その後、第一上ガイド層106を積層する。この第一上ガイド層106の成長温度は、成長開始時は650℃であるが、成長と同時に成長温度の上昇を開始して、成長終了時まで徐々に昇温して、成長終了時に750℃にする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs基板上に、少なくとも、第一導電型の下クラッド層、下ガイド層、井戸層とバリア層からなる量子井戸活性層、上ガイド層および第二導電型の上クラッド層を順次設けた半導体レーザ装置において、上記複数の層のうち少なくとも一つの層はV族元素としてPを含むIII-V族化合物半導体からなるP系層であり、このP系層に隣接する層は、V族元素としてPを含まずAsを含むIII-V族化合物半導体からなるAs系層であり、上記P系層と上記As系層との間の界面の粗さが20Å以下であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、上記P系層と上記As系層との間の界面は、上記上クラッド層と上記下クラッド層との間にあることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項3】 請求項1または2に記載の半導体レーザ装置において、上記P系層は、InGaAsP、InGaP、GaAsPまたはAlGaInPからなることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置において、上記As系層は、GaAs、AlGaAsまたはAlAsからなることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置において、上記井戸層が上記P系層であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項6】 請求項1乃至5のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置において、上記バリア層が上記P系層であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項7】 請求項1乃至4のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置において、上記井戸層および上記バリア層が共にP系層であり、かつ、上記上ガイド層および上記下ガイド層が共にAs系層であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項8】 請求項7に記載の半導体レーザ装置において、上記井戸層および上記バリア層が共にInGaAsPからなり、かつ、上記バリア層に接している上記上ガイド層および上記下ガイド層が共にAlGaAsからなることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項9】 請求項8に記載の半導体レーザ装置において、上記上ガイド層および上記下ガイド層のIII族中のAl組成比が0.20以上であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項10】 請求項1乃至9のいずれかひとつに記載の半導体レーザ装置において、発振波長が760nm以上800nm以下であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項11】 GaAs基板上に、少なくとも、第一導電型の下クラッド層、下ガイド層、井戸層とバリア層

からなる量子井戸活性層、上ガイド層および第二導電型の上クラッド層を順次設けた半導体レーザ装置の製造方法において、上記複数の層のうち少なくとも一つの層はV族元素としてPを含むIII-V族化合物半導体からなるP系層であり、

このP系層を第一の成長温度で結晶成長させる工程と、上記P系層の上において、V族元素としてPを含まずAsを含むIII-V族化合物半導体からなるAs系層を上記第一の成長温度とほぼ同一の成長温度で成長を開始し、その後、第二の成長温度まで上げながら成長させる工程とを備えることを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項12】 請求項11に記載の半導体レーザ装置の製造方法において、上記As系層を成長させる前に、上記P系層の直上に、一層または複数層の別のAs系層を上記第一の成長温度とほぼ同一の温度で成長させることを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項13】 請求項11または12に記載の半導体レーザ装置の製造方法において、上記第一の成長温度が600℃以上680℃以下であることを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項14】 請求項11乃至13のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置の製造方法において、上記第二の成長温度が700℃以上780℃以下であることを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項15】 請求項11乃至14のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置の製造方法において、上記P系層は、InGaAsP、InGaP、GaAsPまたはAlGaInPであることを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項16】 請求項11乃至15のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置の製造方法において、上記As系層は、GaAs、AlGaAsまたはAlAsであることを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項17】 請求項1乃至10のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置を用いたことを特徴とする光ディスク再生記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザ装置に関するものであり、特に高出力・高信頼性・長寿命を実現できる半導体レーザ装置およびその製造方法、並びに、光ディスク再生記録装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、AlGaAs系半導体レーザ装置において、量子井戸構造（井戸層およびバリア層）をAlフリー（Al非存在）にし、高出力化・長寿命化を目指す開発がなされてきている。これは、共振器端面にAlが存在すると、その共振器端面において表面準位が生じて、光学損傷（COD）が起きやすくて高出力化・長

寿命化・高信頼性に対して不利だからである。

【0003】たとえば、Japan Journal of Applied Physics Vol. 38 (1999) pp. L387-L389に、活性領域がAlフリーの半導体レーザ装置に関する報告がなされている。この半導体レーザ装置は、図11に示すように、GaAs基板301上に、GaAsバッファ層302、 $\text{Al}_{0.63}\text{Ga}_{0.37}\text{As}$ 下クラッド層303、 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 下ガイド層304、 $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{P}$ バリア層305、 $\text{In}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{As}_{0.75}\text{P}_{0.25}$ 井戸層306、 $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{P}$ バリア層307、 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上ガイド層308、 $\text{Al}_{0.63}\text{Ga}_{0.37}\text{As}$ 上クラッド層309およびキャップ層310を順次積層してなる。

【0004】一般的に、Alフリー半導体層とAlGaAs系層とでは最適な成長温度が異なる。たとえば、 InGaAsP やGaAsPなどは、AlGaAs系に比べて成長温度が低い。そこで、Alフリー半導体層を積層した後にAlGaAs系層を積層する場合は、Alフリー半導体層を積層した後に結晶成長を中断し、昇温してからAlGaAs系層を成長させる必要がある。

【0005】ところが、結晶成長の中断中にAlフリー半導体層が最表面となって露出したままなので、温度が上昇すると、Pが脱離（再蒸発）してしまい、Alフリー半導体層-AlGaAs系層界面において、粗さが大きくなってしまう。

【0006】この問題を防ぐために、上記従来の半導体レーザ装置は、一定温度でAlフリー半導体層とAlGaAs系層を連続的に成長させている。このため、結晶成長の中断がなく、Alフリー層が中断時に最表面に露出されることがないという利点がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の半導体レーザ装置では、上記AlGaAs系層を連続的に結晶成長させときの成長温度が720℃であり、この温度はAlフリー半導体層に対しては高温である。たとえば、 InGaAsP の最適成長温度は約650℃といわれている。よって、連続成長といえども、成長温度が720℃ではPが脱離しやすく、表面が粗れるという問題が残っており、半導体レーザ装置の劣化のしやすさ・信頼性の悪化につながっていた。

【0008】そこで、本発明の課題は、たとえば、GaAs基板上に積層されたPを含むAlフリーのP系半導体層である量子井戸活性層の上に、主成分としてPを含まない非P系半導体層が積層されている半導体レーザ装置において、上記P系半導体層と非P系半導体層との界面の結晶性を改善して、高出力・高信頼性・長寿命な半導体レーザ装置およびその製造方法、並びに、その半導体レーザ装置を用いた光ディスク再生記録装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明の半導体レーザ装置は、GaAs基板上に、少なくとも、第一導電型の下クラッド層、下ガイド層、井戸層とバリア層からなる量子井戸活性層、上ガイド層および第二導電型の上クラッド層を順次設けた半導体レーザ装置において、上記複数の層のうち少なくとも一つの層はV族元素としてPを含むIII-V族化合物半導体からなるP系層であり、このP系層に隣接する層は、V族元素としてPを含まずAsを含むIII-V族化合物半導体からなるAs系層（非P系層）であり、上記P系層と上記As系層との間の界面の粗さが20Å以下であることを特徴としている。

【0010】本明細書では、第一導電型とはn型またはp型を言い、第一導電型がn型であるときは、第二導電型はp型になり、第一導電型がp型であるときは、第二導電型はn型になる。

【0011】上記構成によれば、上記P系層と上記As系層（非P系層）との間の界面の粗さが20Å以下である。したがって、上記界面の結晶性が改善されて、高信頼性・長寿命な高出力の半導体レーザ装置が得られる。

【0012】1実施の形態では、上記P系層と上記As系層との間の界面は、上記上クラッド層と上記下クラッド層との間にある。

【0013】上記実施の形態では、上記結晶性の改善された界面が光の閉じ込められる領域にあることになる。したがって、高信頼性・長寿命な高出力の半導体レーザ装置を得られる。

【0014】また、1実施の形態では、上記P系層は、 InGaAsP 、 InGaP 、GaAsPまたはAlGaInPからなる。

【0015】また、1実施の形態では、上記As系層は、GaAs、AlGaAsまたはAlAsからなる。

【0016】また、1実施の形態では、上記井戸層が上記P系層である。

【0017】上記実施の形態では、上記井戸層が上記P系層であるから、上記井戸層の界面の粗さが20Å以下になって、上記量子井戸活性層つまり活性領域内の界面の結晶性が改善されることになる。したがって、高信頼性・長寿命な高出力の半導体レーザ装置を得られる。

【0018】また、1実施の形態では、上記バリア層が上記P系層である。

【0019】上記実施の形態では、上記バリア層が上記P系層であるから、上記バリア層の界面の粗さが20Å以下になって、上記量子井戸活性層つまり活性領域内の界面の結晶性が改善されることになる。したがって、高信頼性・長寿命な高出力の半導体レーザ装置を得られる。

【0020】また、1実施の形態では、上記井戸層および上記バリア層が共にP系層であり、かつ、上記上ガイ

ド層および上記下ガイド層が共にAs系層である。

【0021】上記実施の形態では、上記量子井戸活性層つまり活性領域と、上記上ガイド層および下ガイド層との界面の結晶性が改善されることになる。したがって、高信頼性・長寿命な高出力の半導体レーザ装置を得られる。

【0022】また、1実施の形態では、上記井戸層および上記バリア層が共にInGaAsPからなり、かつ、上記バリア層に接している上記上ガイド層および上記下ガイド層が共にAlGaAsからなっている。

【0023】上記実施の形態では、上記井戸層および上記バリア層が共にInGaAsPからなるので、量子井戸活性層つまり活性領域内の界面の結晶性が改善される。また、上、下ガイド層が共にAlGaAsからなり、かつ、上記バリア層がInGaAsPからなるので、上記AlGaAsからなる上、下ガイド層と上記井戸層との間にInGaAsPからなるバリア層を介在させて、発光再結合のおこる上記井戸層には上、下ガイド層のAlGaAsを隣接させないようにして信頼性を確保しながら、キャリアのオーバーフローはAlGaAsのコンダクションバンドのエネルギー(E_c)、バレンスバンドのエネルギー(E_v)により十分に抑制できる。したがって、高信頼性・長寿命な高出力の半導体レーザ装置を得られる。

【0024】また、1実施の形態では、上記上ガイド層および上記下ガイド層のIII族中のAl組成比が0.20以上である。

【0025】上記実施の形態では、上記上ガイド層および上記下ガイド層のIII族中のAl組成比が0.20以上であるので、量子井戸活性層の井戸層に対するコンダクションバンドのエネルギー差(ΔE_c)、バレンスバンドのエネルギー差(ΔE_v)をバランスよく得ることができて、キャリアのオーバーフローを十分に抑制することができる。したがって、より高信頼性・長寿命・高出力な半導体レーザ装置を得ることができる。また、1実施の形態の半導体レーザ装置は、発振波長が760nm以上800nm以下である。

【0026】本発明の半導体レーザ装置の製造方法は、GaAs基板上に、少なくとも、第一導電型の下クラッド層、下ガイド層、井戸層とバリア層からなる量子井戸活性層、上ガイド層および第二導電型の上クラッド層を順次設けた半導体レーザ装置の製造方法において、上記複数の層のうち少なくとも一つの層はV族元素としてPを含むIII-V族化合物半導体からなるP系層であり、このP系層を第一の成長温度で結晶成長させる工程と、上記P系層の上において、V族元素としてPを含まずAsを含むIII-V族化合物半導体からなるAs系層を上記第一の成長温度とほぼ同一の成長温度で成長を開始し、その後、第二の成長温度まで上げながら成長させる工程とを備えることを特徴としている。

【0027】上記発明の半導体レーザ装置の製造方法によれば、上記P系層の上において、つまり、上記P系層の直上または上記P系層の上に層を介在させて上に、上記As系層を、上記P系層の成長温度である第一の成長温度とほぼ同一の成長温度で成長を開始し、その後、第二の成長温度まで上げながら成長させるので、上記P系層からのPの脱離を低減して、上記P系層と上記As系層との間の界面の粗さの大きさを20Å以下にまで下げることができる。したがって、本発明によれば、高信頼性・長寿命な高出力の半導体レーザ装置を作製できる。

【0028】また、1実施の形態では、上記As系層を成長させる前に、上記P系層の直上に、一層または複数層の別のAs系層を上記第一の成長温度とほぼ同一の温度で成長させる。

【0029】上記実施の形態では、上記P系層の直上に、一層または複数層の上記別のAs系層を上記P系層の成長温度である第一の成長温度とほぼ同一の温度で成長させるから、上記P系層からより好適にPの脱離を低減して、P系層の界面の粗さの大きさを20Å以下にまで下げることができる。したがって、高信頼性・長寿命な高出力の半導体レーザ装置を作製できる。

【0030】また、1実施の形態では、上記第一の成長温度が600℃以上680℃以下である。

【0031】上記実施の形態によれば、上記P系層は、成長により適した600℃以上680℃以下の第一の成長温度で成長するので、結晶性が良好になって、As系層との界面が改善される。したがって、高信頼性・長寿命な高出力の半導体レーザ装置を作製することができる。

【0032】また、1実施の形態では、上記第二の成長温度が700℃以上780℃以下である。

【0033】上記実施の形態によれば、上記As系層は、成長により適した700℃以上780℃以下の第二の成長温度で成長するので、結晶性が良好になって、P系層との界面が改善される。したがって、高信頼性・長寿命な高出力の半導体レーザ装置を作製することができる。

【0034】本発明の光ディスク再生記録装置は、上記半導体レーザ装置を用いている。

【0035】上記光ディスク再生記録装置は、従来よりも高い光出力を有する上記半導体レーザ装置を用いているため、光ディスクの回転数を従来よりも高速化してもデータの読み書きが可能である。したがって、本発明の光ディスク再生記録装置は、特に書き込み時に問題となっていた光ディスクへのアクセス時間が、従来の光ディスク再生記録装置よりも格段に短くなって、より快適に操作できる。

【0036】

【発明の実施の形態】(実施の形態1)図1は、この発明の実施の形態1の半導体レーザ装置の構造を示したも

のである。この半導体レーザ装置は、 n -GaAs基板101上に、 n -GaAsバッファ層102、 n -Al_{0.5}Ga_{0.5}As下クラッド層103、Al_{0.35}Ga_{0.65}As第一下ガイド層104、Al_{0.25}Ga_{0.75}As第二下ガイド層124、多重歪量子井戸活性層105、Al_{0.25}Ga_{0.75}As第二上ガイド層126、Al_{0.35}Ga_{0.65}As第一上ガイド層106、 p -Al_{0.5}Ga_{0.5}As第一上クラッド層107および p -GaAsエッチングストップ層108を順次積層している。このエッチングストップ層108上に、メサストライプ形状の p -Al_{0.5}Ga_{0.5}As第二上クラッド層109およびGaAs保護層110を設けると共に、上記メサストライプ形状の p -Al_{0.5}Ga_{0.5}As第二上クラッド層109およびGaAs保護層110の両側を、 n -Al_{0.7}Ga_{0.3}As第一ブロック層112、 n -GaAs第二ブロック層113および p -GaAs平坦化層114からなる光・電流狭窄領域で埋め込み、さらに、全面に p -GaAsキャップ層116を設けている。この半導体レーザ装置は、メサストライプ部121aと、そのメサストライプ部121aの両側方のメサストライプ部側方部121b、121bとを有する。

【0037】次に、図2～図4を参照しながら、上記半導体レーザ装置の作製方法を説明する。

【0038】まず、図2に示すように、(100)面を持つ n -GaAs基板101上に、 n -GaAsバッファ層102(層厚0.5 μ m)、 n -Al_{0.5}Ga_{0.5}As下クラッド層103(層厚2.0 μ m)、Al_{0.35}Ga_{0.65}As第一下ガイド層104(層厚43nm)、Al_{0.25}Ga_{0.75}As第二下ガイド層124(層厚2.0nm)、図示しないIn_{0.2}Ga_{0.8}As_{0.69}P_{0.31}圧縮歪量子井戸層(歪0.35%、層厚60Å、2層)とGaAs_{0.72}P_{0.28}引張歪バリア層(歪-1.0%、基板側から層厚55Å・50Å・55Åの3層)を交互に配置してなる多重歪量子井戸活性層105、Al_{0.25}Ga_{0.75}As第二上ガイド層126(層厚2.0nm)、Al_{0.35}Ga_{0.65}As第一上ガイド層106(層厚43nm)、 p -Al_{0.5}Ga_{0.5}As第一上クラッド層107(層厚0.235 μ m)、 p -GaAsエッチングストップ層108(層厚30Å)、 p -Al_{0.5}Ga_{0.5}As第二上クラッド層109(層厚1.2 μ m)およびGaAs保護層110(層厚0.75 μ m)を順次有機金属化学気相成長法にて結晶成長させる。

【0039】また、上記有機金属化学気相成長法による成長温度は、図5の成長温度プロファイルに示すように、上記バッファ層102から上記下クラッド層103までが750℃である。そして、上記第一下ガイド層104の成長温度は、成長開始時には750℃であるが、

成長とともに徐々に成長温度を下降させて、終了時までには650℃に降温させておく。そして、650℃の成長温度で、上記第二下ガイド層124、上記量子井戸活性層105および上記第二上ガイド層126を順次積層する。上記第一上ガイド層106の成長温度は、成長開始時は650℃であり、成長と同時に成長温度の上昇を開始して、成長終了時まで徐々に昇温して、成長終了時に750℃にする。

【0040】次に、750℃の成長温度で、上記第一上クラッド層107、エッチングストップ層108、第二上クラッド層109および保護層110を順次成長して、積層する。

【0041】さらに、図2に示すように、前述のメサストライプ部121aを形成する部分に、レジストマスク111をストライプ方向が(011)方向を持つように写真工程により作製する。

【0042】次に、図3に示すように、上記レジストマスク部111以外の部分をエッチングし、その後、上記レジストマスク111を除去して、メサストライプ部121aを形成する。上記エッチングは硫酸と過酸化水素水の混合水溶液およびフッ酸を用いて二段階で行い、エッチングストップ層108直上まで行う。GaAsはフッ酸によるエッチングレートが非常に遅いということを利用し、エッチング面の平坦化およびメサストライプの幅制御を可能にしている。エッチングの深さは1.95 μ m、メサストライプ部121aの幅はエッチングストップ層108直上で約2.5 μ mである。

【0043】続いて、図4に示すように、上記エッチングストップ層108および保護層110上に、 n -Al_{0.7}Ga_{0.3}As第一ブロック層112(層厚0.6 μ m)、 n -GaAs第二ブロック層113(層厚0.3 μ m)、 p -GaAs平坦化層114(層厚1.05 μ m)を順次有機金属結晶成長させて、光・電流狭窄領域を形成する。その後、写真工程により、上記メサストライプ部側方部121b、121b上のみレジストマスク115を形成する。

【0044】続いて、上記メサストライプ部121a上の平坦化層114、第二ブロック層113および第一ブロック層112をエッチングにより除去する。このエッチングには、アンモニアと過酸化水素水の混合水溶液および硫酸と過酸化水素水の混合水溶液を用いて、二段階でエッチングを行う。その後、上記レジストマスク115を除去し、 p -GaAsキャップ層116(層厚2.0 μ m)を積層する。このようにして、図1に示す構造の半導体レーザ装置を作製することができる。

【0045】本実施の形態1においては、上記多重歪量子井戸活性層105のGaAsPからなる上記バリア層を積層した直後に、AlGaAsからなる上記第二上ガイド層126を積層しているが、この第二上ガイド層126はP系層に適した成長温度である650℃のままで

成長させているので、上記バリア層からのPの脱離を低減して界面の粗さの大きさを20Å以下にまで下げることができた。ここでいう界面の粗さを示した模式図を図6に示す。本実施の形態1の半導体レーザ装置を信頼性試験にかけたところ、85℃、200mWでも、5000時間以上安定に動作することが確認された。このことにより、高出力化・高信頼性化・長寿命化という効果が得られることが分る。

【0046】また、本実施の形態1においては、上記Al_{0.25}Ga_{0.75}As第二上ガイド層126の形成は、低温(650℃)でのAlGaAsの成長を行っているが、この温度より高い成長温度にて積層する上記Al_{0.35}Ga_{0.65}As第一上ガイド層106よりもAl混晶比が低いので、活性なAlへの酸素の付着が低減されることから上記と同様な効果が得られた。

【0047】また、本実施の形態1においては、上記AlGaAsからなる第二下ガイド層124と、上記多重歪量子井戸活性層105のGaAsPからなる上記バリア層との界面では、成長温度に変化がなく、また、成長中断もないので、AlGaAs第二下ガイド層124が低温のまま最表面で露出している時間が少なく、活性なAlへの酸素の付着が低減されることから上記と同様な効果が得られた。また、低温で、AlGaAs第二下ガイド層124とAlフリーな半導体層(多重歪量子井戸活性層105のGaAsPからなるバリア層)との連続成長をするために、上記第一下ガイド層104を積層する際に、成長温度を750℃から650℃へと徐々に下げている。低温で、AlGaAs第二下ガイド層124の成長を行うと、高温時よりもAlへ酸素が付着しやすいのだが、低温成長させる上記Al_{0.25}Ga_{0.75}As第二下ガイド層124では、Al_{0.35}Ga_{0.65}As第一下ガイド層104よりもAl混晶比を下けているため、酸素の付着が低減して、このことから上記と同様な効果が得られた。

【0048】また、本実施の形態1においては、GaAs基板101上に、上記InGaAsPからなる圧縮歪井戸層を含む多重歪量子井戸活性層105を設けているため、特に780nm帯において高信頼性・長寿命な高出力半導体レーザ装置が実現された。また、上記圧縮歪井戸層の圧縮歪量が3.5%以内であることにより、より好適に上記効果が得られた。ここでいう歪量とは、GaAs基板101の格子定数をa_{GaAs}、井戸層の格子定数をa₁とすると、 $(a_1 - a_{\text{GaAs}}) / a_{\text{GaAs}}$ で表される。この値が正であれば圧縮歪、負であれば引張歪と呼ばれる。

【0049】また、本実施の形態1においては、780nm帯として上記圧縮歪井戸層の組成比を変化させて圧縮歪量を増加させた場合、圧縮歪量3.5%を超える領域においては試作された半導体レーザ装置の信頼性が悪くなる傾向が見られたため、安定した膜厚で半導体レー

ザ装置を作製するためには、上記圧縮歪井戸層の圧縮歪量は3.5%以内であることが望ましい。

【0050】また、本実施の形態1においては、上記InGaAsPからなる引張歪バリア層を用いて、圧縮歪を有する上記圧縮歪井戸層に対してその圧縮歪量を補償しているため、より安定した結晶をもつ多重歪量子井戸活性層105を作製することができて、高信頼性を有する半導体レーザ装置を実現することができた。また、上記引張歪量が3.5%以内であることにより、より好適に上記効果が得られた。また、上記引張歪量を増加させた場合、引張歪量3.5%を超える領域においては試作された半導体レーザ装置の信頼性が悪くなる傾向が見られたため、安定した膜厚で半導体レーザ装置を作製するためには、上記引張歪バリア層の引張歪量は3.5%以内であることが望ましい。

【0051】また、本実施の形態1においては、上記第二上ガイド層126および上記下第二ガイド層124がAlGaAsからなり、かつ、上記多重歪量子井戸活性層105は、上記両ガイド層126、124に接する部分がGaAsP引張歪バリア層(障壁層)であることにより、発光再結合のおこるInGaAsP圧縮歪井戸層にはAlGaAsは隣接させないことによって信頼性を確保しながら、キャリアのオーバーフローはAlGaAsのコンダクションバンドのエネルギー(E_c)およびバレンスバンドのエネルギー(E_v)により十分に抑制する効果を得ることができた。通常、高信頼性を得るためにAlフリーの半導体レーザ装置を作る場合、ガイド層、クラッド層までInGaPなどで全てAlフリーな層とする。しかし、本実施の形態1では、発振波長780nm帯のInGaAsPからなる圧縮歪井戸層に対するコンダクションバンドのエネルギー差(ΔE_c)、バレンスバンドのエネルギー差(ΔE_v)がバランスよく得られるAl混晶比が0.2より大きいAlGaAsを、ガイド層124、126として、信頼性に影響のない範囲まで可能な限り圧縮歪井戸層に近づけて設けている。また、上記圧縮歪井戸層とガイド層124、126との間には、AlフリーであるGaAsP系の薄い引張歪バリア層を設けている。これにより、上記効果を得ている。また、上記圧縮歪井戸層とその両側の引張歪バリア層のみをAlフリーとし、ガイド層124、104、126、106およびクラッド層103、107、109等の外側の層はAlを含む層にすることで、十分高い信頼性を得ることができる。発光部である上記圧縮歪井戸層に隣接する引張歪バリア層をAlフリーにすることが信頼性に対して最も良い影響を与えて、上記圧縮歪井戸層の外側には、Alを含む層を若干離しておくことで高い信頼性が得られた。

【0052】また、本実施の形態1の半導体レーザ装置は、リッジ構造(半導体レーザ装置の積層構造において、上クラッド層までがメサストライプ形状であり、メ

サストライプ両側に光・電流狭窄層を設けている構造)を有しているが、BH構造(半導体レーザの積層構造において、下クラッドの一部までがメサストライプ形状であり、メサストライプ両側に光・電流狭窄層を設けている構造)を有していても同様の効果が得られる。

【0053】また、上記実施の形態1においては、井戸層およびバリア層にP系層を用いているが、バリア層に、例えばAlGaAsからなるAs系層を用いてもよい。図7に実施の形態1の半導体レーザ装置の変形例を示す。

【0054】図7の半導体レーザ装置において、多重歪量子井戸活性層505以外の構成部は、図1に示す半導体レーザ装置の構成部と同一である。したがって、図7において、図1の半導体レーザ装置の構成部と同一構成部については、同一参照番号を付して、説明を省略する。

【0055】上記多重歪量子井戸活性層505は、図示しないIn_{0.2}Ga_{0.8}As_{0.69}P_{0.31}圧縮歪井戸層(歪0.35%、層厚60Å、2層)とAl_{0.35}Ga_{0.65}Asバリア層(基板側から層厚55Å・50Å・55Åの3層)を交互に配置してなる。

【0056】この変形例の半導体レーザ装置の作用効果は、実施の形態1の半導体レーザ装置の作用効果と同様である。

【0057】(実施の形態2)図8は、本発明の実施の形態2の半導体レーザ装置の断面図である。この半導体レーザ装置は、n-GaAs基板201上に、n-GaAsバッファ層202、n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As下クラッド層203、Al_{0.4}Ga_{0.6}As下ガイド層204、多重歪量子井戸活性層205、Al_{0.4}Ga_{0.6}As上ガイド層206、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第一上クラッド層207およびp-GaAsエッチングストップ層208を順次積層している。このエッチングストップ層208上に、メサストライプ形状のp-Al_{0.478}Ga_{0.522}As第二上クラッド層209およびGaAs保護層210を設けると共に、上記メサストライプ形状のp-Al_{0.478}Ga_{0.522}As第二上クラッド層209およびGaAs保護層210の両側を、n-Al_{0.7}Ga_{0.3}As第一ブロック層212、n-GaAs第二ブロック層213およびp-GaAs平坦化層214からなる光・電流狭窄領域で埋め込み、さらに、全面にp-GaAsキャップ層216を設けている。この半導体レーザ装置は、メサストライプ部221aと、そのメサストライプ部221aの両側方のメサストライプ部側方部221b、221bとを有する。

【0058】次に、図8および9を参照しながら、上記半導体レーザ装置の作製方法を説明する。

【0059】まず、図8に示すように、(100)面を持つn-GaAs基板201上に、n-GaAsバッ

フ層202(層厚0.5μm)、n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As下クラッド層203(層厚2.5μm)、Al_{0.4}Ga_{0.6}As下ガイド層204(層厚0.1μm)、図示しないIn_{0.2686}Ga_{0.7314}As_{0.5544}P_{0.4456}圧縮歪井戸層(歪0.395%、層厚80Å、2層)とIn_{0.176}Ga_{0.824}As_{0.684}P_{0.316}引張歪バリア層(基板側から層厚215Å・79Å・215Åの3層)を交互に配置してなる多重歪量子井戸活性層205、Al_{0.4}Ga_{0.6}As上ガイド層206(層厚0.1μm)、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As第一上クラッド層207(層厚0.235μm)、p-GaAsエッチングストップ層208(層厚30Å)、p-Al_{0.478}Ga_{0.522}As第二上クラッド層209(層厚1.28μm)、GaAs保護層210(層厚0.75μm)を順次有機金属化学気相成長法にて結晶成長させる。

【0060】また、上記有機金属化学気相成長法による成長温度は、図9の成長温度プロフィールに示すように、上記バッファ層202から下クラッド層203までが750℃である。そして、上記下ガイド層204の成長温度は、成長開始時は750℃であるが、成長とともに徐々に成長温度を下降させて、成長終了時まで650℃に降温させておく。そして、650℃の成長温度で、上記圧縮歪井戸層と引張歪バリア層とからなる量子井戸活性層205を積層する。上記上ガイド層206の成長温度は、成長開始時は650℃であり、成長と同時に成長温度の上昇を開始して、成長終了時まで徐々に昇温して、成長終了時に750℃にする。

【0061】次に、750℃の成長温度で、上記第一上クラッド層207、エッチングストップ層208、第二上クラッド層209および保護層210を順次成長して、積層する。

【0062】さらに、図示しないが、前述のメサストライプ部221aを形成する部分に、レジストマスクをストライプ方向が(011)方向を持つように写真工程により作製する。その後、上記レジストマスク部以外の部分をエッチングし、その後、レジストマスクを除去して、メサストライプ部221aを形成する。上記エッチングは硫酸と過酸化水素水の混合水溶液およびフッ酸を用いて二段階で行い、エッチングストップ層208直上まで行う。GaAsはフッ酸によるエッチングレートが非常に遅いということを利用し、エッチング面の平坦化およびメサストライプの幅制御を可能にしている。エッチングの深さは2.03μm、メサストライプ部221aの幅はエッチングストップ層208直上で約2.5μmである。

【0063】続いて、上記エッチングストップ層208および保護層210上に、n-Al_{0.7}Ga_{0.3}As第一ブロック層212(層厚0.6μm)、n-Ga

As第二ブロック層213(層厚 $0.3\mu\text{m}$)、p-GaAs平坦化層214(層厚 $1.13\mu\text{m}$)を順次有機金属結晶成長させて、光・電流狭窄領域を形成する。その後、図示しないが、写真工程により、上記メサストライプ部側方部221b、221b上にはレジストマスクを形成する。

【0064】続いて、上記メサストライプ部221a上の平坦化層14、第二ブロック層213および第一ブロック層212をエッチングにより除去する。このエッチングには、アンモニアと過酸化水素水の混合水溶液および硫酸と過酸化水素水の混合水溶液を用いて、二段階でエッチングを行う。その後、上記レジストマスクを除去し、p-GaAsキャップ層216(層厚 $2.0\mu\text{m}$)を積層する。このようにして、図8に示す構造の半導体レーザ装置を作製することができる。

【0065】本実施の形態2においては、上記多重歪量子井戸活性層205のInGaAsPからなるバリア層を積層した直後に、AlGaAsからなる上記上ガイド層206を積層しているが、この上ガイド層206はP系層に適した成長温度である 650°C で成長を開始しているので、上記バリア層からのPの脱離を低減して界面の粗さの大きさを 20\AA 以下にまで下げることができた。本実施の形態2の半導体レーザ装置を信頼性試験にかけたところ、 85°C 、 200mW でも、 5000 時間以上安定に動作することが確認された。このことにより、高出力化・高信頼性化・長寿命化という効果が得られたことが分る。

【0066】また、本実施の形態2においては、上記上ガイド層206は、成長開始時は低温でのAlGaAs成長であるが、徐々に温度をあげながら、よりAlGaAsに適した成長温度で積層されているため、活性なAlへの酸素の付着が低減されることから上記と同様な効果が得られた。

【0067】また、本実施の形態2においては、上記AlGaAsからなる下ガイド層204と、上記多重歪量子井戸活性層205のInGaAsPからなる引張歪バリア層との界面では成長の中断がないので、AlGaAs層が低温のまま最表面で露出している時間が少なくなつて、活性なAlへの酸素の付着が低減されることから上記と同様な効果が得られた。

【0068】また、本実施の形態2においては、GaAs基板201上に、上記InGaAsPからなる圧縮歪井戸層を含む多重歪量子井戸活性層205を設けているため、特に 780nm 帯において高信頼性・長寿命な高出力半導体レーザ装置が実現された。また、上記圧縮歪量が 3.5% 以内であることにより、より好適に上記効果が得られた。

【0069】また、本実施の形態2においては、 780nm 帯として上記圧縮歪井戸層の組成比を変化させて圧縮歪量を増加させた場合、圧縮歪量 3.5% を越える領

域においては試作された半導体レーザ装置の信頼性が悪くなる傾向が見られたため、安定した膜厚で半導体レーザ装置を作製するためには、上記圧縮歪井戸層の圧縮歪量は 3.5% 以内であることが望ましい。

【0070】また、本実施の形態2においては、上記InGaAsPからなる引張歪バリア層を用いて、圧縮歪を有する上記圧縮歪井戸層に対してその圧縮歪量を補償しているので、より安定した結晶をもつ多重歪量子井戸活性層205を作製することができて、高信頼性の半導体レーザ装置を実現することができた。また、上記引張歪量が 3.5% 以内であることにより、より好適に上記効果が得られた。また上記引張歪量を増加させた場合、引張歪量 3.5% を越える領域においては試作された半導体レーザ装置の信頼性が悪くなる傾向が見られたため、安定した膜厚で半導体レーザ装置を作製するためには、上記引張歪バリア層の引張歪量は 3.5% 以内であることが望ましい。

【0071】また、本実施の形態2においては、上記上ガイド層206および下ガイド層204がAlGaAsからなり、かつ、上記多重歪量子井戸活性層205は、上記両ガイド層206、204に接する部分がInGaAsP引張歪バリア層(障壁層)であることにより、発光再結合のおこるInGaAsP圧縮歪井戸層にはAlGaAsは隣接させないことによって信頼性を確保しながら、キャリアのオーバーフローはAlGaAsのコンダクションバンドのエネルギー(E_c)およびバレンスバンドのエネルギー(E_v)により十分に抑制する効果を得ることができた。通常、高信頼性を得るためにAlフリーの半導体レーザ装置を作る場合、ガイド層、クラッド層までInGaPなどで全てAlフリーな層とする。しかし、本実施の形態2では、発振波長 780nm 帯のInGaAsPからなる圧縮歪井戸層に対するコンダクションバンドのエネルギー差(ΔE_c)、バレンスバンドのエネルギー差(ΔE_v)がバランスよく得られるAl混晶比が 0.2 より大きいAlGaAsを、ガイド層204、206として、信頼性に影響のない範囲まで可能な限り圧縮歪井戸層に近づけて設けている。また、上記圧縮歪井戸層とガイド層204、206との間には、AlフリーであるInGaAsP系の薄い上記バリア層を設けている。これにより、上記効果を得ている。また、上記圧縮歪井戸層とその両側のバリア層のみをAlフリーとし、ガイド層204、206およびクラッド層203、207、209等の外側の層はAlを含む層にすることで、十分高い信頼性を得ることができ、発光部である上記圧縮歪井戸層に隣接する領域をAlフリーにすることが信頼性に対して最も良い影響を与えて、上記圧縮歪井戸層の外側には、Alを含む層は若干離しておくことで高い信頼性が得られた。

【0072】また、本実施の形態2においては、半導体レーザ装置はリッジ構造を有しているが、BH構造を有

していても同様の効果が得られる。

【0073】上記実施の形態1および2においては、各半導体層を有機金属化学気相成長法で形成したが、たとえばガスソースや有機金属ソースの分子線エピタキシー法等の他の方法で形成してもよい。

【0074】また、上記実施の形態1および2では、井戸層の層数を2としているが、井戸層の層数は任意の数であってもよく、また、井戸層の層厚も、実施の形態1および2に示すものに限られない。

【0075】また、上記実施の形態1および2では、リッジ構造の半導体レーザ装置であるが、本発明は、BH構造は勿論のこと、ブロードエリア構造の半導体レーザ装置にも適用できる。

【0076】また、上記実施の形態1および2では、電流ブロック層112、113、212、213からなるpn逆接合の半導体埋め込み構造を用いているが、高抵抗層埋め込み構造や、絶縁体膜埋め込み構造などを用いてもよい。

【0077】(実施の形態3)図10は、本発明の実施の形態3の光ディスク記録再生装置の構造を示したものである。この光ディスク記録再生装置は、光ディスク401にデータを書き込んだり、書き込まれたデータを再生するためのものであり、発光素子として、先に説明した実施の形態1の半導体レーザ装置と同じ半導体レーザ装置402を備えている。

【0078】この光ディスク記録再生装置についてさらに詳しく説明する。書き込みの際は、上記半導体レーザ装置402から出射されたデータ信号がのったレーザ光は、コリメートレンズ403により平行光とされて、ビームスプリッタ404を透過する。このビームスプリッタ404を透過したレーザ光は、 $\lambda/4$ 偏光板405で偏光状態が調節された後、対物レンズ406で集光されて、光ディスク401に照射されて、この光ディスク401にデータが記録される。

【0079】一方、読み出し時には、データ信号がのっていないレーザ光が書き込み時と同じ経路をたどって光ディスク401に照射される。このレーザ光がデータの記録された光ディスク401の表面で反射されて、データ信号がのった再生光となる。この再生光は、レーザ光照射用対物レンズ406、 $\lambda/4$ 偏光板405を経た後、ビームスプリッタ404で反射されて、90°角度を変えた後、再生光用対物レンズ407で集光され、信号検出用受光素子408に入射する。この信号検出用受光素子408内で、入射したレーザ光の強弱によって、レーザ光にのったデータ信号が電気信号に変換されて、信号光再生回路409において元のデータが再生される。

【0080】上記実施の形態3の光ディスク記録再生装置は、従来よりも高い光出力で動作する上記半導体レーザ装置402を用いているため、ディスクの回転数を従

来より高速化してもデータの読み書きが可能である。したがって、特に、書き込み時に問題となっていた光ディスクへのアクセス時間が、従来の半導体レーザ装置を用いた光ディスク記録再生装置よりも格段に短くなって、より快適に操作できる光ディスク記録再生装置を提供することができた。

【0081】なお、ここでは、本発明の半導体レーザ装置を光ディスク記録再生装置に適用した例について説明したが、本発明の半導体レーザ装置を、波長780nm帯を用いる光ディスク記録装置、光ディスク再生装置にも適用可能であることはいうまでもない。

【0082】

【発明の効果】以上より明らかなように、本発明の半導体レーザ装置は、V族元素としてPを含むIII-V族化合物半導体からなるP系層と、V族元素としてPを含まずAsを含むIII-V族化合物半導体からなるAs系層との間の界面の粗さが20Å以下であるので、上記界面の結晶性が良好になって、高信頼性・長寿命・高出力であるという利点を有する。

【0083】また、本発明の半導体レーザ装置の製造方法は、上記P系層の上において、上記As系層を、上記P系層の成長温度である第一の成長温度とほぼ同一の成長温度で成長を開始し、その後、第二の成長温度まで上げながら成長させるので、上記P系層からのPの脱離を低減して、上記P系層と上記As系層との間の界面の粗さの大きさを20Å以下にまで下げて、上記界面の結晶性を良好にでき、したがって、高信頼性・長寿命・高出力な半導体レーザ装置を作製できる。

【0084】また、本発明の光ディスク再生記録装置は、高信頼性・長寿命・高出力な上記半導体レーザ装置を用いているので、光ディスクの回転数を従来よりも高速化してもデータの読み書きが可能で、光ディスクへのアクセス時間が、従来の光ディスク再生記録装置よりも格段に短くなって、より快適に操作できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1に係る半導体レーザ装置をストライプ方向に対して垂直な面で切断した断面図である。

【図2】 本発明の実施の形態1に係る半導体レーザ装置の製造方法を示す断面図である。

【図3】 本発明の実施の形態1に係る半導体レーザ装置の製造方法を示す断面図である。

【図4】 本発明の実施の形態1に係る半導体レーザ装置の製造方法を示す断面図である。

【図5】 本発明の実施の形態1に係る半導体レーザ装置の成長温度プロファイル図である。

【図6】 本発明にかかる半導体レーザ装置のPを含む半導体層とPを含まない半導体層の界面を示す概略断面図である。

【図7】 本発明の実施の形態1に係る半導体レーザ装

置の変形例を示す断面図である。

【図8】 本発明の実施の形態2に係る半導体レーザ装置をストライプ方向に対して垂直な面で切断した断面図である。

【図9】 本発明の実施の形態2に係る半導体レーザ装置の成長温度プロファイル図である。

【図10】 本発明の実施の形態3に係る光ディスク記録再生装置の概略図である。

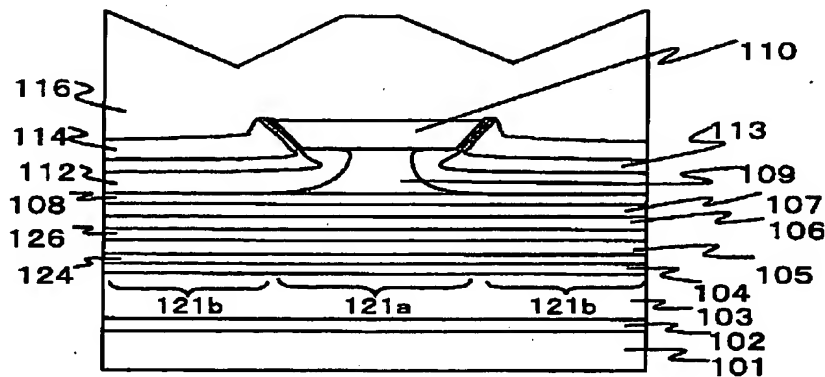
【図11】 従来の半導体レーザ装置の断面図である。

【符号の説明】

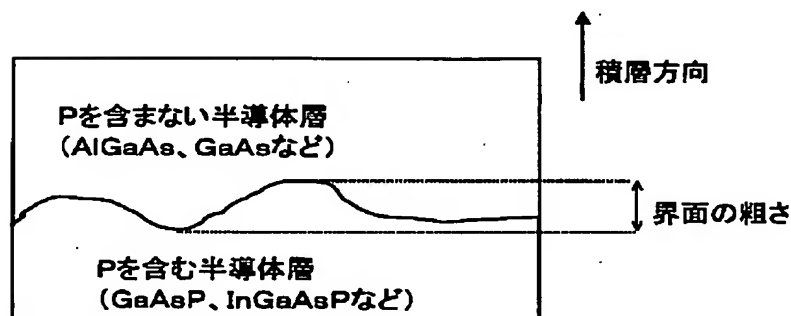
101, 201 基板
102, 202 バッファ層
103, 203 下クラッド層
104 第一下ガイド層
105, 205, 505 多重歪量子井戸活性層
106 第一上ガイド層
107, 207 第一上クラッド層
108, 208 エッチングストップ層
109, 209 第二上クラッド層
110, 210 保護層

112, 212 第一ブロック層
113, 213 第二ブロック層
114, 214 平坦化層
116, 216 キャップ層
121a, 221a メサストライプ部
121b, 221b メサストライプ部側方部
124 第二下ガイド層
126 第二上ガイド層
204 下ガイド層
206 上ガイド層
401 光ディスク
402 半導体レーザ装置
403 コリメートレンズ
404 ビームスプリッタ
405 偏光板
406 レーザ光照射用対物レンズ
407 再生光用対物レンズ
408 信号検出用受光素子
409 信号光再生回路

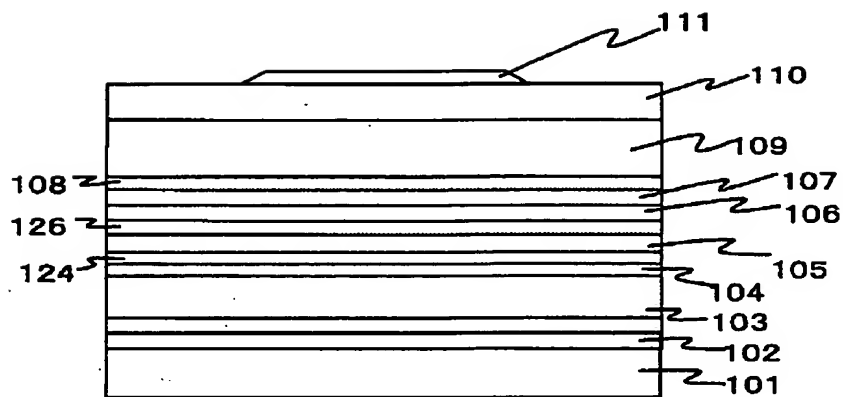
【図1】



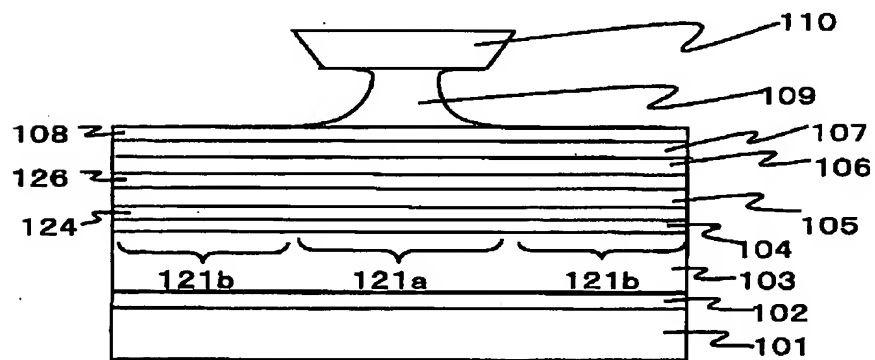
【図6】



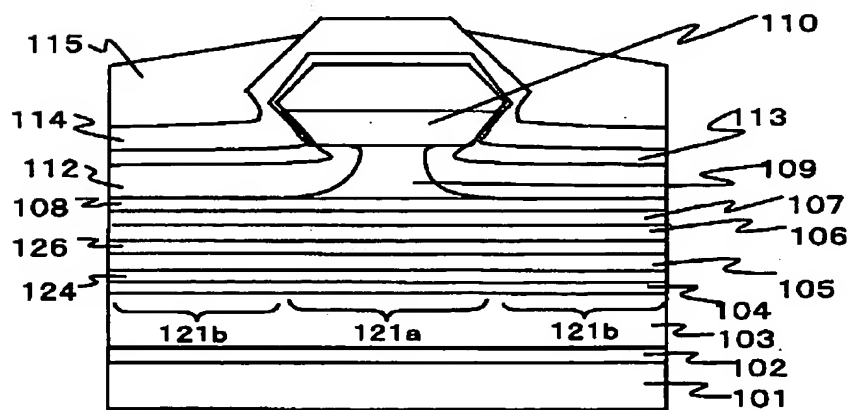
【図2】



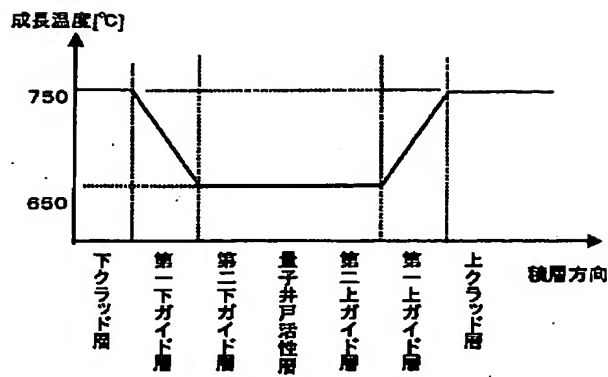
【図3】



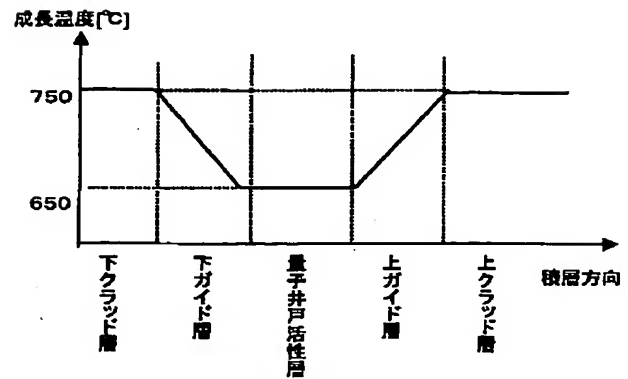
【図4】



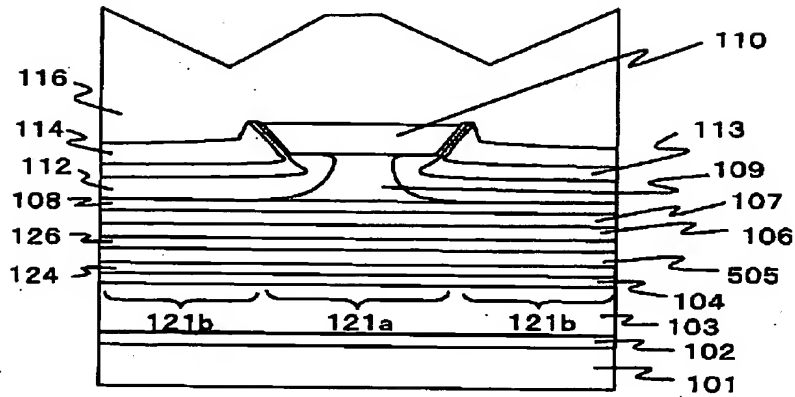
【図5】



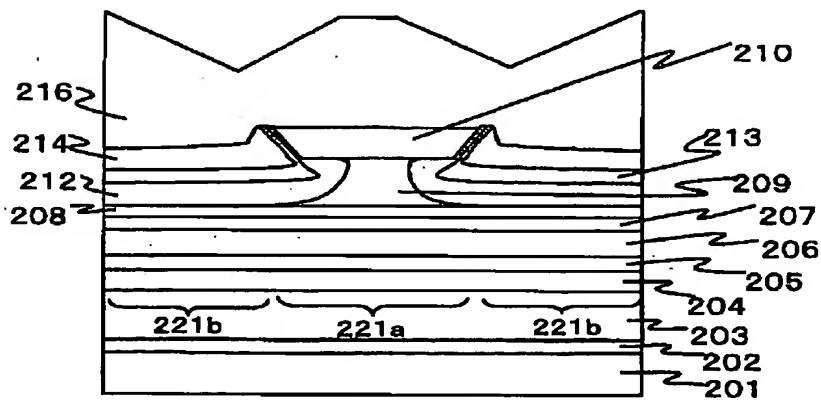
【図9】



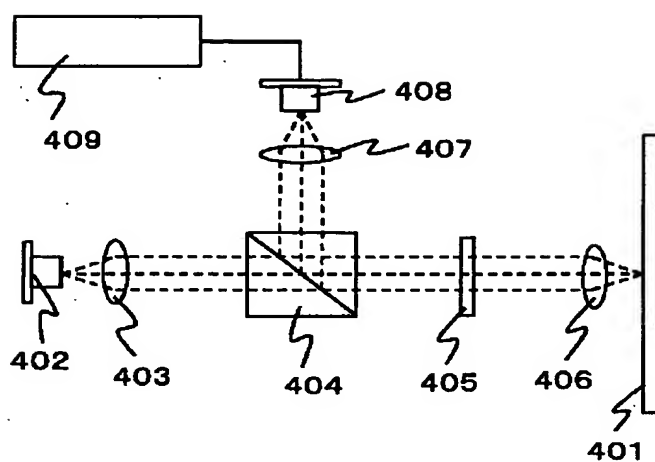
【図7】



【図8】



【図10】



【図11】

